

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-243822

(43)Date of publication of application : 19.09.1995

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

(21)Application number : 06-036966

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 08.03.1994

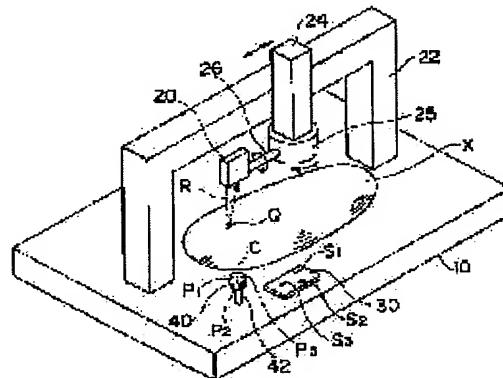
(72)Inventor : NOMURA TAKESHI
ICHIYANAGI TAKASHI
HAMAMURA KOHEI
HAMANO SEIJI

(54) METHOD AND DEVICE FOR MEASURING THREE-DIMENSIONAL SHAPE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a method and device for measuring three-dimensional shapes by which the position and attitude of a measuring means are found so accurately that the measuring accuracy can be improved and the measuring work efficiency be also enhanced.

CONSTITUTION: At least three points P1-P3 and S1-S3 on respective surfaces of reference spherical body 40 and reference plane body 30 which are placed in position beforehand are selected and their relative positions against a measuring means 20 are subject to measurement by the movable and non-contact type means 20. Based on the obtained relative positions of the respective points P1P3 on the body 40, the relative position of the center C of the body 40 against the means 20 is calculated, while the relative attitude of the body 30 against the means 20 is calculated based on the obtained relative positions of the respective points S1-S3 on the body 30. Thus, information concerning the position and attitude of the means 20 are obtained on the basis of the obtained results.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-243822

(43)公開日 平成7年(1995)9月19日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 01 B 11/24

C

審査請求 未請求 請求項の数4 O.L (全6頁)

(21)出願番号 特願平6-36966

(22)出願日 平成6年(1994)3月8日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 野村 剛

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 一柳 高時

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 浜村 公平

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 小鍛治 明 (外2名)

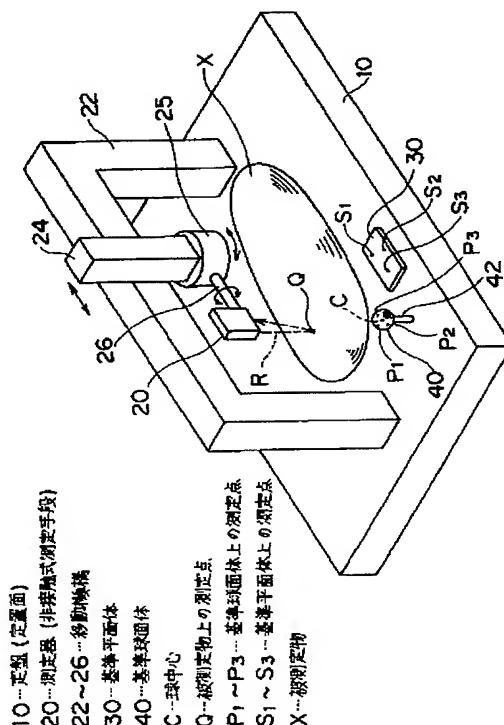
最終頁に続く

(54)【発明の名称】三次元形状計測方法および装置

(57)【要約】

【目的】測定手段の位置および姿勢を正確に知ることで、三次元形状の計測精度を高め、測定作業の能率化を図ることのできる三次元形状の計測方法および装置を提供する。

【構成】予め定置された基準球面体40および基準平面体30のそれぞれの表面上の少なくとも3点P₁～P₃、S₁～S₃について、移動自在な非接触式測定手段20で測定手段20に対する相対位置を測定し、ここで測定された基準球面体40上の各点P₁～P₃の位置から測定手段20に対する基準球面体40の球中心Cの相対位置を求め、基準平面体30上の各点S₁～S₃の位置から測定手段20に対する基準平面体30の相対姿勢を求め、これらの結果をもとにして、測定手段20の位置および姿勢に関する情報を得る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 移動自在な非接触式測定手段で、被測定物上の各点の位置を測定して、被測定物の三次元形状を計測する方法において、予め定置された基準球面体および基準平面体のそれぞれの表面上の少なくとも3点について、前記測定手段で測定手段に対する相対位置を測定し、ここで測定された基準球面体上の各点の位置から測定手段に対する基準球面体の球中心の相対位置を求め、かつ、基準平面体上の各点の位置から測定手段に対する基準平面体の相対姿勢を求め、これらの結果をもとにして、測定手段の位置および姿勢に関する情報を得ることを特徴とする三次元形状計測方法。

【請求項2】 請求項1の方法において、基準球面体および/または基準平面体の定置位置が変更できるようになっている三次元形状計測方法。

【請求項3】 請求項1または2の方法において、非接触式測定手段が、レーザを用いた手段である三次元形状計測方法。

【請求項4】 被測定物を定置する定置面と、定置面および被測定物に対して移動自在で、被測定物上の各点の位置を測定する非接触式測定手段とを備えた三次元形状計測装置において、前記定置面側に、前記非接触式測定手段でその表面上の少なくとも3点の位置を測定できる基準球面体および基準平面体を備えていることを特徴とする三次元形状計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、三次元形状計測方法に関し、詳しくは、各種物体の三次元形状を計測する方法であって、スポット光などによる非接触式の測定手段で、被測定物の表面上の各点の位置を測定し、これら各点の位置情報を総合して被測定物の三次元形状を計測する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 非接触式測定手段で被測定物の三次元形状を計測する方法は、被測定物の三次元形状を正確かつ迅速に計測できる方法として、各種技術分野で利用されている。また、このような三次元形状の計測方法が適用できる計測装置も各種提案されている。

【0003】 例えば、被測定物を載置する定盤の上方に、非接触式測定手段の測定器が、定盤と平行な面に沿って移動自在に設置された計測装置がある。測定器を前後左右に移動させながら、それぞれの位置で、測定器の真下に位置する被測定物上の点の位置を測定する。非接触式測定手段の具体例としては、例えば、測定器から真下に向けてスポット光を照射し、被測定物の表面で反射された反射光を再び測定器で受光して、その受光位置から、三角測量の原理で、測定器から被測定物までの距離を測定するものがある。測定器から被測定物までの距離を、測定器から定盤面までの距離から差し引けば、被測

定物のその点における高さが求められる。被測定物の高さを被測定物上の多数の点について求めれば、被測定物全体の三次元形状が計測できることになる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、上記のような従来における三次元形状の計測方法および装置では、計測を開始するまでの準備に手間がかかるとともに、三次元形状の計測精度も十分ではないという問題があった。

【0005】 すなわち、前記のような従来の計測装置では、被測定物を載置した定盤の面と、測定器が移動する移動面とが正確な平行面になつてないと、被測定物の各点における高さの測定値が不正確になり、その結果、三次元形状の計測精度が悪くなる。また、測定器から照射するスポット光の方向も、正確に真下方向になつてないと、測定器から被測定物までの距離に誤差が生じる。

【0006】 そのため、従来の計測装置では、定盤上に、測定器とその移動機構を据え付ける際に、水準器などを用いて、定盤と測定器の移動面が正確な平行面になるように、慎重な作業を行う必要があり、大変に手間のかかる作業であった。また、測定装置を使用しているうちに、振動や衝撃などの外力あるいは環境変化などで、測定器や移動機構に位置や姿勢のずれが生じて、測定結果が不正確になることもあった。そのため、定期的に、測定器および移動機構の取付位置や姿勢を点検したり修正したりする作業が必要になる場合もあった。

【0007】 さらに、被測定物の測定面が、測定器からの照射光に正対している場合には問題はないが、被測定物の測定面が、測定からの照射光に対して傾斜していると、測定面からの反射光を測定器で捉えられず、測定が出来なくなる。そこで、被測定物の測定面に、測定器からの照射光が正対するように、測定器の姿勢を変えられるようにしたり、測定器を首振り自在にしたりして、被測定物の測定面の形状に合わせて、光の照射方向を変えることが考えられた。

【0008】 ところが、光の照射方向を変えるために測定器を傾ければ、当然、定盤面に対する測定器の傾きが変わってしまうので、測定器が定盤面に正対していた元の状態での測定結果とは連続性がなくなってしまう。測定器から測定点までの距離が同じであっても、測定器の傾きによって、測定点の高さは違ってくるのである。のために、ひとつの被測定物を、場所によって測定器の傾きを変えて測定を行うことは出来なかつた。

【0009】 そこで、本発明の課題は、前記した従来技術の問題点を解消し、測定器すなち測定手段の位置や姿勢を正確に知ることで三次元形状の計測精度を高め得るとともに、被測定物の形状に合わせて、測定手段を傾けたり姿勢を変えたりしても問題なく測定が行え、しかも、測定手段の据え付けや取付調整に面倒がなく作業が

行い易い三次元形状の計測方法および装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する、本発明にかかる三次元形状の計測装置は、定置された被測定物に対して移動自在な非接触式測定手段で、被測定物上の各点の位置を測定して、被測定物の三次元形状を計測する方法において、前記被測定物の定置面に、基準球面体および基準平面体を配置しておき、この基準球面体および基準平面体のそれぞれの表面上の少なくとも3点について、前記測定手段で測定手段に対する相対位置を測定し、ここで測定された基準球面体上の各点の位置から測定手段に対する基準球面体の中心の相対位置を求め、かつ、基準平面体上の各点の位置から測定手段に対する基準平面体の相対姿勢を求め、これらの結果をもとにして、前記被測定物の定置面に対する測定手段の位置および姿勢を知る。

【0011】被測定物は、通常、表面が正確な平面に仕上げられた定盤などの定置面に置かれた状態で計測が行われる。但し、定盤の上に載置されていなくても、何らかの手段で、挟持されたり吊り下げられたりして、決まった位置に支持されればよい。このようにして、被測定物が定まった位置に配置された状態で、その基準となる面を定置面と呼ぶ。

【0012】非接触式測定手段は、レーザ等のスポット光で三角測量による距離測定を行う測定器など、既知の各種測定手段が用いられる。測定原理や内部機構は、既知の技術を自由に組み合わせることができる。光の代わりに、各種放射線や電磁波、磁気、超音波などを利用する非接触式測定手段も採用できる。

【0013】非接触式測定手段の移動機構も、既知の三次元形状計測装置における移動機構と同様の構造が採用できる。測定手段の移動は、前後左右あるいは垂直方向への直線運動、水平面あるいは垂直面での旋回運動などを、必要に応じて自由に組み合わせればよい。移動機構としては、測定手段の測定方向を傾ける動きができることが好ましい。測定手段の測定方向とは、前記スポット光であればその照射方向であり、測定する測定点を配置すべき方向である。

【0014】基準球面体は、完全な球体のほか、球体の一部から支柱が突出するものや、半球、あるいは、直方体などの立体と球面を組み合せたものなど、部分的な球面体でも構わない。前記測定手段による位置測定ができる測定点が、少なくとも3点以上取れるだけの球面を備えていればよいのである。基準球面体の径や球面の面積は、測定手段の測定原理や精度、球面の加工精度などを考慮して設定すればよい。例えば、スポット光による三角測量を行う測定手段の場合、スポット光の口径の10～100倍程度の球径を有するものが好ましい。基準球面体は、測定に影響を与えるような凹凸や歪みのない

正確で滑らかな球面に形成できる材料からなるものが好ましく、具体的には、セラミックが好ましい材料である。硬質の金属や合成樹脂、ガラス質材料も使用可能である。

【0015】基準球面体は、測定手段とは別に、予め定置しておく。具体的には、定盤などの定置面に対して、適当な位置に取り付けておけばよく、定盤に一体形成しておいたり、ねじや金具で固定しておいてもよい。基準球面体を定盤の上に立てられた支柱の先端に設けるなど、定置面から離れた位置に基準球面体があっても構わない。また、基準球面体が、定盤などの定置面上で複数位置に着脱自在に取り付けられるようになっていてもよい。基準球面体の取付位置を変更できれば、被測定物の形状などに合わせて、測定の邪魔にならない場所に、基準球面体を取り付けることができる。本発明では、連続した一連の測定作業中に、測定手段の位置の基準となる基準球面体の位置が移動しないように定置されていればよいのである。

【0016】基準平面体は、基準球面体と同様に、前記測定手段による位置測定ができる測定点が、少なくとも3点以上取れるだけの平面を備えていれば、その平面形状および面積は自由に設定できる。基準平面体は、基準球面体と同様の材料で形成される。基準平面体は、被測定物の定置面に対して、一定の位置および姿勢で配置されれば、定置面と同じ面にあっても、定置面から離れた位置にあっても構わない。基準平面体は、定置面に対して、平行に配置されていてもよいし、傾斜していてもよく、その傾斜角度も任意に設定することができる。基準平面体も、基準球面体と同様に、定盤などの定置面上で複数位置に着脱自在に取り付けられるようになっていてもよい。基準平面体と基準球面体とを一体的に作製しておいて、両者と一緒に取り扱えるようにすることもできる。

【0017】上記基準平面体の表面で表す基準平面と、基準球面体の球中心で表す原点とを基準にして、ひとつの座標系が決定される。この座標系は、測定手段の移動位置や姿勢の変動によっては変わることのない、絶対的な座標系である。

【0018】本発明では、前記測定手段で、基準球面体と基準平面体に対する測定を行うことで、測定手段自身の位置と姿勢を知る。

【0019】すなわち、測定手段で、基準球面体および基準平面体のそれぞれの表面上の少なくとも3点の測定点について、その位置を測定する。ここで、測定されるのは、測定手段の位置および姿勢を基準とした相対的位置である。

【0020】ここで測定された基準球面体上の少なくとも3点の位置から、幾何学上の法則にしたがって適切な演算処理を行うことで、測定手段に対する基準球面体の球中心の相対位置が求められる。このような演算処理

は、測定手段の制御装置に組み込まれたマイクロコンピュータなどの演算処理装置と演算処理プログラムを用いて行えばよい。なお、基準球面体の球中心を求めるには、理論的には少なくとも3点の位置と基準球面体の半径が判っていればよいが、4点の位置データがあれば半径が判らなくても球中心は求まる。また、理論的に必要な数を超える位置の測定を行うことで、測定位置の誤差を少なくすることもできる。基準平面体上の3点の位置から測定手段に対する基準平面体の相対姿勢が求められる。この際の演算処理も、基準球面体の場合と同様に行われる。

【0021】測定手段に対する基準球面体の球中心の相対位置と、測定手段に対する基準平面体の相対姿勢の情報をもとにして、基準球面体および基準平面体で決定される絶対座標系における、測定手段の位置と姿勢が求められる。

【0022】得られた測定手段の位置と姿勢の情報をもとに、測定手段の移動制御系における測定手段の位置および姿勢の情報を修正したり、測定データの補正を行う。

【0023】

【作用】座標の原点位置と座標軸の方向を示す平面とを決めれば、ひとつの座標系が決定できる。したがって、定置された基準球面体の球中心を原点とし、基準平面体の表面を基準平面とする座標系が決定できる。

【0024】つぎに、球面上で少なくとも3点の位置が判れば、その球中心の位置が求められる。すなわち、球面上の3点の位置と球の半径、あるいは、球面上の4点の位置が決まれば、球中心は確定する。また、平面上で3点の位置が判れば、その平面の傾きすなわち姿勢が求められる。

【0025】そこで、測定手段とは別に定置された基準球面体と基準平面体に対して、測定手段で、それぞれの表面の少なくとも3点の位置を測定すれば、測定手段に対する、基準球面体の球中心の相対位置と基準平面体の平面の相対姿勢とが求められる。ここで、基準球面体の球中心と基準平面体の平面とで決定される絶対座標系を基準にすれば、この座標系での、測定手段の位置と姿勢が求められることになる。

【0026】なお、絶対座標系の原点を求める際に、基準球面体上の点の位置を測定する方法を採用すれば、原点そのものを設けておいて、測定手段でその位置を測定するに比べて、はるかに操作が容易で、しかも、正確である。これは、例えば、定盤などの表面に原点表示を設けていても、測定手段を正確に原点表示位置に合わせて測定を行うのは難しく、しかも、物理的に形成された原点表示には、一定の広がりがあるため、厳密な意味での原点を測定することは困難である。しかし、一定の大きさのある基準球面体上の任意の点について、その位置を測定するのは容易である。また、複数の測定点の位置

をどこに選んでも、それらの測定点の位置から演算される球中心の位置は、数学的に厳密に決められるのである。

【0027】このようにして、測定手段の正確な位置と姿勢が求められれば、測定手段の据え付け時に、据え付け誤差があったり、測定手段とその移動機構を構成する部材に製作誤差や取付誤差があったり、移動機構内部での測定手段の位置決定あるいは制御に誤差やばらつきがあったりしても、これらの誤差やばらつきによる測定結果への影響を、容易に修正することができる。

【0028】すなわち、測定手段の据え付けなどを、物理的に正確に調整したり修正したりする作業を行わなくとも、測定手段の位置および姿勢に関する情報を、測定時の演算要素に加えるなどの情報の処理を行うだけで、測定手段の位置および姿勢のずれが修正されて、測定精度の向上が果たせることになる。

【0029】また、連続した測定を行って、測定手段の移動に伴う位置誤差が累積したりしても、適当な段階で、前記した基準球面体と基準平面体を利用した、測定手段の位置および姿勢の測定を行って、測定手段の位置および姿勢の情報を修正しておけば、誤差が累積して測定精度に大きな影響を与えることがない。

【0030】被測定物の形状に合わせて、測定手段の測定方向を傾けるような操作を行ったときにも、前記した基準球面体と基準平面体を利用した、測定手段の位置および姿勢の測定を行って、測定方向の傾きに伴う位置および姿勢の情報を修正しておけば、測定方向を傾けた状態でも正確な測定が可能になる。しかも、ひとつの被測定物に対して、測定方向を傾けない状態と傾けた状態あるいは傾き角度が異なる状態を混在させて測定を行っても、それらの異なる状態での測定結果を、それぞれの状態での測定手段の位置および姿勢による修正を加えることで、全ての測定結果を同じように処理することが可能になる。

【0031】

【実施例】ついで、本発明の実施例について、図面を参照しながら以下に説明する。

【0032】図1は三次元形状計測装置の全体構造を表している。硬質金属やセラミックスその他の剛性の大きな材料で作製された厚板状をなす定盤10の上に、門型の支持構造22、走行支柱24、旋回部25、回転腕26などを介して、非接触式測定手段である測定器20が取り付けられている。支持構造22は、定盤10の中央を横断して両端まで水平方向に梁状に設けられており、支持構造22に沿って走行支柱24が自由に水平移動するようになっている。走行支柱24の下部で、旋回部25が水平旋回する。旋回部25に対して水平方向に延びる回転腕26は先端の測定器20とともに、垂直方向に回転する。これら、走行支柱24、旋回部25、回転腕26の運動を組み合わせることで、測定器20は、定盤

10 上の任意の場所に移動でき、また、測定器 20 の傾きも自由に変更できるようになっている。

【0033】定盤 10 の上には、三次元形状を計測する被測定物 X が置かれている。被測定物 X の側方で、定盤 10 の上には、基準球面体 40 と基準平面体 30 が取り付けられている。基準平面体 30 は、薄い矩形のセラミック板からなり、表面が正確な平面に仕上げられている。基準平面体 30 の寸法の 1 例を記載すると、 5×10 cm 程度のものであり、その平面度は約 $2 \mu\text{m}$ 程度に仕上げられている。基準平面体 30 の表面は、定盤 10 の表面に対して平行状態に取り付けられている。

【0034】基準球面体 40 は、セラミックからなる球体であり、底部に接合された垂直な支持軸 42 で、定盤 10 の表面よりも少し高い位置に取り付けられている。

【0035】上記のような構造の測定装置を用いて、被測定物 X の三次元形状を計測する方法を説明する。

【0036】まず、測定器 20 で、基準平面体 30 の表面上の 3 点 $S_1 \sim S_3$ に対する位置測定を行う。平面上の 3 点の位置が決まれば、その平面の姿勢あるいは傾きが判るから、測定器 20 に対する基準平面体 30 の相対的な姿勢あるいは傾きが求められる。実際には、基準平面体 30 は定盤 10 に固定されているから、測定器 20 に対する基準平面体 30 の相対的な姿勢や傾きとは、基準平面体 30 あるいは定盤 10 に対する測定器 20 の姿勢あるいは傾きを表すことになる。

【0037】つぎに、測定器 20 で、基準球面体 40 の表面上の 3 点 $P_1 \sim P_3$ に対する位置測定を行う。球面上の 3 点の位置が決まれば、基準球面体 40 の半径は予め判っているので、基準球面体 40 の球中心の位置が判る。この状態を、図 2 に詳しく説明しているおり、3 点 $P_1 \sim P_3$ にスポット光 R を当てて、それぞれの位置を求めれば、それらの 3 点 $P_1 \sim P_3$ が表面に存在する特定半径の球は一義的に確定することになる。このようにして、測定器 20 に対する基準球面体 40 の球中心 C の位置が求められる。このことは、基準球面体 40 の球中心 C を原点とすれば、この原点 C に対する測定器 20 の位置が求められることになる。

【0038】以上の結果、定盤 10 すなわち定置面に固定された基準平面に対する測定器 20 の正確な姿勢あるいは傾きと、基準球面体 40 の球中心 C を原点とする測定器 20 の正確な位置が決定される。言い換えると、定置面側に固定された基準平面と原点で決定される絶対座標系での測定器 20 の位置と姿勢が決定される。

【0039】測定器 20 は、その移動機構である走行支柱 24 や旋回部 25 の走行量や旋回量をもとにして、移動機構内部での位置や姿勢が制御されたり、移動機構の内部に備えた各種センサで測定器 20 の位置を検知したりしている。この移動機構の内部の座標系すなわち制御座標系での測定器 20 の位置および姿勢の情報と、前記した基準平面や原点を基準とした絶対座標系での位置や

姿勢とのずれを求めて、移動機構側の制御座標系を修正する。すなわち、制御座標系の原点や軸方向の情報を修正するのである。移動機構自体の据え付けを物理的あるいは機械的に調整したりするのではなく、移動機構の制御装置に組み込まれている制御プログラムなどの内部情報としての制御座標系の修正だけを行えばよいのである。移動機構側の制御座標系が正確に修正されれば、その後は、移動機構側の制御座標系のみを用いて、測定器 20 の移動制御や位置、姿勢の決定を行うことができる。

【0040】測定器 20 による被測定物 X に対する測定作業は、通常の三次元形状の計測方法と同様に行う。具体的には、被測定物 X 上の測定点 Q に対して、測定器 20 からスポット光を照射し、その反射光を捉えることで、測定器 20 から測定点 Q までの距離すなわち測定器 20 からの相対位置が判る。このときの測定器 20 の位置および姿勢は、上記測定点 Q での測定値に、前記した移動機構内部での制御座標系での測定器 20 の移動量と、制御座標系と絶対座標系とのずれによる修正を加えられているので、常に正確な測定結果が得られることになる。

【0041】なお、測定器 20 を移動させながら測定を行っているうちに、移動機構内部での移動量の誤差などが累積して、正確な位置および姿勢との間にずれが生じる場合がある。そのような場合には、一定時間の測定を行う毎に、前記した基準球面体 40 および基準平面体 30 の測定による座標系の修正を行えば、測定器 20 の移動に伴う誤差の累積を解消することができる。

【0042】被測定物 X が、平坦な面のみからなる物体であれば、測定器 20 から垂直下方に照射されたスポット光 R の反射光を確実に測定器 20 で捉えることができるが、被測定物 X が、複雑な曲面や傾斜面を有している場合には、垂直下方を向いた測定器 20 では反射光が捉え難くなる。

【0043】そこで、被測定物 X の形状に合わせて、回転腕 26 を旋回させ、測定器 20 を傾けて、スポット光 R の照射方向を変えれば、被測定物 X の傾斜面や垂直面の測定点 Q についても、正確な位置の測定が行える。このように、測定器 20 を傾けたときには、前記した基準球面体 40 および基準平面体 30 の測定による座標系の修正を行っておけば、測定器 20 を傾けない状態と同じように、正確な測定が行える。ひとつの被測定物 X に対して、場所によって、測定器 20 の傾きを変えながら、被測定物 X 全体の三次元形状を正確に測定することができる。

【0044】

【発明の効果】以上に述べた、本発明にかかる三次元形状の計測方法および装置によれば、前記した基準球面体および基準平面体を利用することで、非接触式測定手段の位置および姿勢を正確に知ることができる。

【0045】その結果、測定手段およびその移動機構の据え付け誤差などに起因する測定の誤差を容易に修正することが可能である。測定手段や移動機構の位置や姿勢を物理的に直すのではなく、単に、位置や姿勢を決める座標系の情報を修正するだけであるから、修正作業は簡単で、しかも、精度の高い修正が可能である。

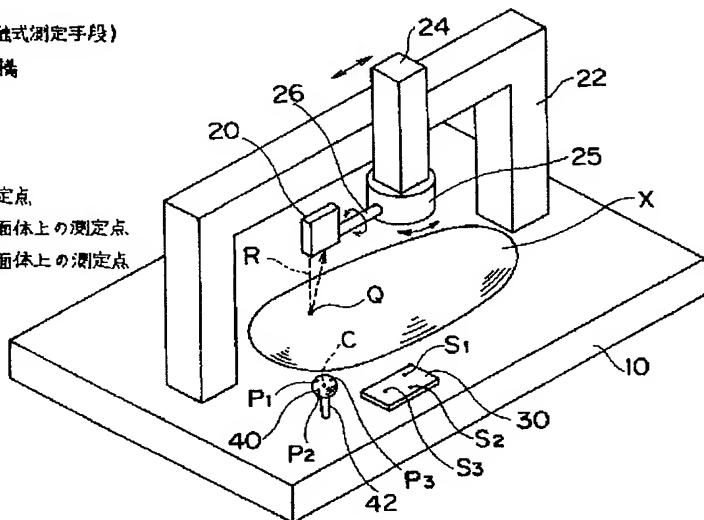
【0046】特に、被測定物の形状に合わせて、測定手段を傾けたりしたときでも、その傾きに伴う位置や姿勢の修正を容易に行うことができる所以、測定器を被測定物上の各測定点にとって最も好ましい位置および姿勢に移動させて、正確な測定を行うことが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を表す斜視図

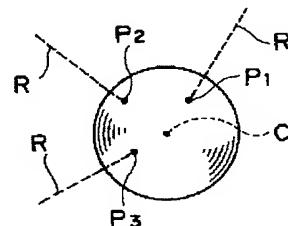
*

- 10…定盤(定置面)
- 20…測定器(非接触式測定手段)
- 22～26…移動機構
- 30…基準平面体
- 40…基準球面体
- C…球中心
- Q…被測定物上の測定点
- P₁～P₃…基準球面体上の測定点
- S₁～S₃…基準平面体上の測定点
- X…被測定物



【図1】

【図2】



フロントページの続き

(72) 発明者 濱野 誠司

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内